

МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ ЛЕГИРОВАННЫХ МЕТАЛЛАМИ ПРИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Кочергина Ю.А.

Руководитель –доцент, к. ф.-м. н. Карыев Л.Г.

Тамбовский государственный университет им. Г.Р.Державина, г. Тамбов
e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Изменение физических свойств кристаллических тел под действием различных факторов, в частности влияния электрических полей и термообработки, легирование кристаллов металлами являются весьма актуальными задачами физики конденсированного состояния.

Экспериментально установлено, что под действием электрического поля и нагрева происходит изменение поверхностей ионных кристаллов[1].

В связи с этим целью данной работы является исследование морфологии поверхностей ионных кристаллов легированных металлами при воздействии электрического поля и одновременного нагрева.

При проведении экспериментов использовали природные кристаллы NaCl. В первой серии экспериментов образцы NaCl размером $20 \times 8 \times (2-3)$ мм выкалывали из крупных кристаллов по плоскостям спайности. В образцах искусственно зарождали трещину по плоскости (100) длиной ≈ 15 мм. Образец помещался между электродами с напряжением 400 В, электрическое поле было ориентировано нормально к плоскости (100). Во второй серии экспериментов в полость искусственно зарождённой трещины вводили металлическую фольгу из алюминия или сплава на основе Fe (73,5%) толщиной ≈ 20 мкм, перекрывающую ≈ 20 % поверхности трещины от вершины. Комплекс «кристалл-металл» помещался в печь, где, как и в первой серии осуществлялся его нагрев до 873 К со скоростью 200 К/ч. После чего образцы в течение часа выдерживали при заданной температуре и напряжении между электродами 400 В. Сила тока при этом составляла 10-20 мА. Охлаждали образцы со скоростью 50 К/ч вместе с печью. Напряжение на образце и температуру контролировали прибором «Н 307/2».

В первой серии экспериментов наблюдали появление пор, средний радиус которых от 6 до 35 мкм, на расстояниях ≈ 100 мкм от вершины трещины (100). По мере удаления от вершины наблюдается уменьшение расстояния между центрами внутрикристаллических пор от 75 мкм до 50 мкм. Кроме того, наблюдали микрочастицы Al, диффундировавшие в кристалл NaCl.

Во всех экспериментах наблюдали залечивание введённой в кристалл трещины. При частичном залечивании искусственно зарождённой трещины на её поверхностях были обнаружены изменения – поры, сохраняющие элементы симметрии кристаллов (рис.1.).

Рис. 1. Изменения поверхности трещины по плоскости (010) в кристалле NaCl

Были проведены исследования на микротвердомере ПМТ-3: индентирование новообразований при нагрузке 50, 20, 15, 5 г. Результаты индентирования подтверждают, что наблюдаемые образования являются внутрикристаллическими порами. Проведя дополнительные исследования поверхности трещины (010), также наблюдали внутрикристаллические образования, расположенные симметрично на противоположных поверхностях трещины.

Рис. 2. а –поверхностные поры в NaCl, б – поверхность «дна» пор

Средний размер пор 30-70 мкм, вариация отношения глубины пор к их среднему радиусу от 0,3 до 1. Наблюдается преимущественное расположение в направлении 45° к ориентации силовых линий прикладываемого электрического поля. Кроме того, обнаружена некоторая самоорганизация в расположении пор, образующих структуру в виде сот. Внутренняя поверхность пор представляет собой слоистую структуру (рис.2.). Кроме того, при изучении поверхности трещины после травления были обнаружены дислокации как на поверхности кристалла, так и на поверхности «дна» пор. В плоскостях параллельных плоскости искусственно введённой трещины, внутрикристаллических пор не обнаружено.

При проведении экспериментов с металлическим элементом в полости трещины в образцах наблюдали трещины по плоскости (010) Растрескивание кристалла происходило по все длине независимо от расположения металлической фольги. На поверхностях, образующихся при растрескивании обнаружены множественные ступени скола, так называемый «речной узор».

Появление трещин в ионных кристаллах NaCl связано с тем, что размеры радиусов ионов для Fe(II) равные 0,082 нм, для Fe(III) –0,067 нм, для Al – 0,057 нм меньше чем радиус ионов Na –0,098 нм. В результате диффузии под действием электрического поля и одновременного нагрева происходит замещение ионов Na, что приводит к смещению ионов Cl и как следствие возникновению растягивающих напряжений.

Появление внутрикристаллических пор связано, вероятнее всего, с перемещением дислокаций на поверхность трещины под действием нагрева и электрического поля. В местах наибольшего скопления дислокаций происходит их объединение, и как следствие образование пор в приповерхностных областях ионного кристалла.

Таким образом, под действием электрического поля и одновременного нагрева происходит образование внутрикристаллических пор, а также залечивание введённой в кристалл трещины[2].

Диффузия атомов металлов в кристаллах при термоэлектрическом воздействии сопровождается растрескиванием кристаллов, что связано с появлением растягивающих напряжений при замещении ионов Na ионами Fe, Al.

Литература

1. Карьев Л.Г., Федоров В.А., Мексичев О.А. Аккумуляция электрического заряда у поверхности ионных кристаллов при нагреве в электрическом поле. Физика и химия обработки материалов, 2002, №5, с. 87-89.
2. Карьев Л.Г., Мексичев О.А., Федоров В.А., Стерелюхин А.А. Влияние поверхностных токов на состояние поверхностей щелочногалоидных кристаллов. Вестник ТГУ, т.8, вып. 1, 2003, с. 87-89.